

画像処理技術を用いた放射線教育教材の開発

岩下 将大* 小田 明範**

Development of Radiation Teaching Materials Using Image Processing Technology

Shota Iwashita*, Akinori Oda**

People in Japan felt more anxious about radiation than before after huge amount of radioactive material leaked out on Great East Japan Earthquake in 2011. Teaching materials to understand properly the characteristics of radiation are developed in this research. Image processing technology is used to make more attractive for school students. Three teaching materials were developed. The first and second ones are programs, respectively, for understanding the permeability of radiation and a gaming type by using AR(Augmented Reality) technique. The third one is a program to count the number of flight paths of radiation in a cloud chamber by using OpenCV. These programs need to be improved more for the use in teaching and training in junior high and elementary schools.

キーワード: 拡張現実 (AR), 放射線, ARToolKit, 教育教材, OpenCV

Keywords: Augmented Reality(AR), Radiation, ARToolKit, Teaching Material, OpenCV

1. 緒言

2011 年 3 月の東日本大震災により、東京電力福島第一原子力発電所（福島原発）から大量の放射線物質が環境中に漏れ出し、国民の放射線への関心は非常に高まった。また、2008 年に公示された中学校学習指導要領（2012 年度から実施）では、放射線教育が約 30 年ぶりに復活している。

放射線は私たちの周りの自然界にも存在する。放射線は人体に影響を与えうるが、肉眼で放射線を見ることができないため、福島原発の事故による影響も関係して多くの人は放射線に対してマイナスのイメージを持っている。しかし、放射線は原子力分野だけでなく X 線撮影や非破壊検査など工業・医療を中心とする幅広い分野で有効活用されている。我が国の将来のためにも、特に子どもたちに正確に放射線を理解してもらうことは、非常に重要である。

これらの背景を考慮して、本研究では、学校現場での放射線教育に利用可能な、生徒等が興味を持ち学習効果の高まりを期待できる、放射線の特性を理解するための放射線教育教材の開発を目指す。今回は、AR 技術や OpenCV などの画像処理技術を用いる。

AR (Augmented Reality, 拡張現実感) は人間が見ている

視覚情報にプログラムなどにより作り出されたデータを重ね合わせて現実世界を拡張する技術である。AR はもともと軍事分野や自動車・航空機製造産業において研究開発が行われており、業務用途で実用化が始まっていた。近年、企業から VR (Virtual Reality, 仮想現実) に関する製品や企画が目玉され始めたことに歩調をあわせ、AR もより注目されるようになってきている⁽¹⁾。

本論文では、AR 技術や OpenCV を利用して放射線の物体の透過性を理解する簡易的なプログラムやキャラクターを用いたゲーム性のあるプログラム、放射線教育に従来より利用されることが多い霧箱からの放射線の飛跡を自動検出・計数するプログラムなどの試作教材について報告する。

2. AR 等の画像処理技術

この章では、本研究で利用する画像処理ソフトウェア等について説明する。なお、ハードウェアとしては、Windows7 を OS とするノートパソコンおよび USB 接続の Web カメラを利用する。開発環境としては、Microsoft Visual Studio Express 2013 for Desktop において C++言語を用いる。

2.1 AR について⁽²⁾

AR とは Augmented Reality(拡張現実感)の略で、カメラなどからの知覚した現実の世界に、コンピュータによるデジタル合成を用いて情報を付加し、人間の現実認識を強化する技術のことである。図 1 にその例を示す。

AR 技術は、デジタル情報を現実の世界に融合させることにより、新しいユーザインタフェースを構築し、作業支援や情報提示に役立てることを目的としている。医療・教育・建築・観光・エンタテインメントなどさまざまな分野への応用が期待されている。また、コンピュータの処理能力が飛

* 生産システム工学専攻 1 年
〒866-8501 熊本県八代市平山新町 2627
Production Systems Engineering Course Systems Engineering,
2627 Hirayama-Shinmachi, Yatsushiro-shi, Kumamoto, Japan
866-8501

** 機械知能システム工学科
〒866-8501 熊本県八代市平山新町 2627
Dept. of Mechanical and Intelligent Systems Engineering,
2627 Hirayama-Shinmachi, Yatsushiro-shi, Kumamoto, Japan
866-8501

躍的に向上し、カメラをはじめとする AR 向けのデバイスが比較的安価になったことにより、AR 技術の研究がより活発になり、商品化の動きや、スマートフォンを用いての AR を様々なプロモーション活動に利用する動きも出てきている。代表的なデバイスの例として「Google Glass」があり、レンズ越しに動画を見たり、ナビを表示させたりすることができる。



図 1 拡張現実感 (AR) の例⁽²⁾

2.2 ARToolKit について^{(2), (3), (4)}

ARToolKit とは AR を実現する C/C++用のプログラミングライブラリである。ARToolKit は奈良先端科学技術大学院大学の加藤によって開発され、ワシントン大学の HIT Lab, カンタベリー大学の HIT Lab NZ, ARToolworks.Inc らによってサポートされている。近年 PC の性能が飛躍的に向上し、PC に接続できるカメラ (WEB カメラ) を安価に入手できるようになり、初歩的な C 言語さえ理解していれば、個人でも比較的簡単に AR アプリケーションを開発できるようになった。現在、ARToolKit は公式サイトより無償でダウンロードすることができる。

ARToolKit を使うと、紙に印刷されたパターンをカメラで読み取り、その上に 3D オブジェクトをオーバーレイ表示するアプリケーションが簡単に作れる。また、マーカーを自分で作成することもできる。ARToolKit が提供する主な機能を以下に示す。

- ・カメラからの画像の取得
- ・マーカーの検出とパターンの認識
- ・マーカーの 3 次元位置・姿勢の計測
- ・実写画像と 3 次元 CG の合成表示

ARToolKit を用いたプログラムの全体像は図 2 のようになる⁽³⁾。黄色の部分はユーザーが描画内容やイベントを変更する箇所を表している。

ARToolKit はマルチプラットフォームで、Windows, Linux, IRIX, MacOS X などの環境で使用できる。本研究では、Windows 版の ARToolKit-2.7.1 を使用する。

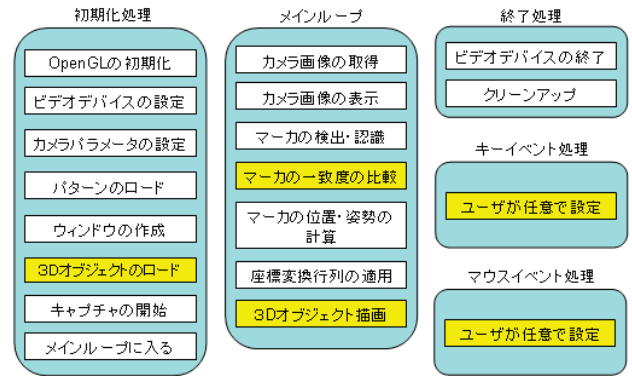


図 2 ARToolKit を用いたプログラムの全体像⁽³⁾

2.2.1 ARToolKit の内部構造

ARToolKit では、カメラ画像の描画や仮想空間における視点の設定 (グラフィック処理モジュール) には OpenGL とその補助ライブラリ (今回は GLUT: OpenGL Utility Toolkit) を用いている。マーカー検出のための画像処理やパターン認識の計算 (AR 計算モジュール) は標準の API を使って実装されている。

3 次元 CG の操作 (平行移動や回転・拡大縮小など) を行う関数は ARToolKit には含まれていない。プログラマは ARToolKit と OpenGL (および GLUT) を使ってアプリケーションを作成することになる。

2.3 OpenGL について

ARToolKit では、図形などの移動や材質設定に OpenGL を用いている。

OpenGL は 2 次元/3 次元コンピュータグラフィックスインターフェースであり、Silicon Graphics 社が中心となって開発された。OpenGL には様々な補助ライブラリがあり、これらで 2 次元/3 次元の図形に関するあらゆるプログラムを可能にしている。OpenGL における長さの単位はピクセルではなく、実世界と同じミリメートル単位で扱うため、AR で使う場合はマーカーの大きさを基準にして計算しなければならない。マーカーの大きさは正確に設定しなければ AR を表示できないので注意が必要である。

2.4 OpenCV について

本研究では霧箱での放射線の飛跡を認識するために OpenCV を使用している。

OpenCV は様々な画像処理をすることに特化した、インテルが開発・公開したオープンソースのコンピュータ向けライブラリである。Windows や Linux など複数のプラットフォームに対応しており、C や C++, java や python など様々な言語で用いることができる。OpenCV を利用することで顔認識や輪郭抽出などを簡単に行うことができる。本研究では、OpenCV 2.4.1 を使用する。

本研究では放射線教育のための試作教材として、放射線透過性を理解する簡易的なプログラムと子どもたちにより興味を持ってもらうためにキャラクターを用いたゲームプログラム、および、霧箱からの放射線の飛跡を自動検出・数するプログラムを作成した。

放射線と物質との相互作用（遮蔽・透過性）の概略を以下に述べる． α 線は紙で遮蔽される． β 線は紙を通すが薄いアルミ板で遮蔽される．また， γ 線は紙やアルミ板を通すが鉛板で減弱される．それらの関係性を図3に示す⁽⁵⁾．この相互作用を本プログラムでわかりやすく表現した．

プログラム上での放射線と壁の種類を以下に示す.

- 放射線の種類
- ・ α 線源-赤色 (図 5)
 - ・ β 線源-黄緑色 (図 6)
 - ・ γ 線源-青色 (図 7)

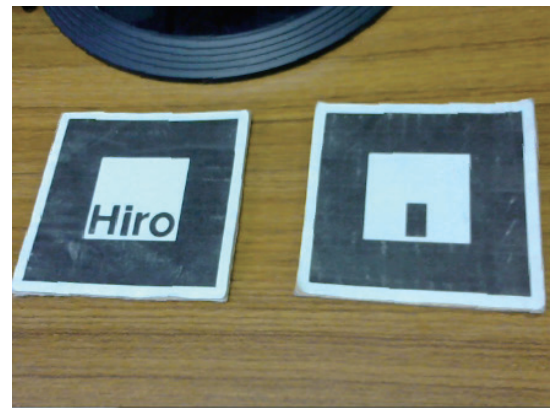


図4 利用したマーカー (1)

- 壁（遮蔽体）の種類
- ・紙-白色（図5）
 - ・アルミ板-黒色（図6）
 - ・鉛-赤色（図7）

放射線源から α 線が発生し、紙で遮蔽される様子を図5に示す。同様に β 線と γ 線が発生し、アルミ板や鉛板により遮蔽される様子を図6、図7に示す。また、 γ 線は遮蔽だけでなく、反射するように設定している。

このプログラムは以下のような利点がある.

- ・放射線源を仮想的に表現しているため、実際の放射性物質を使わなくてよい。
- ・AR を用いているため、学習者が興味を持ちやすい。

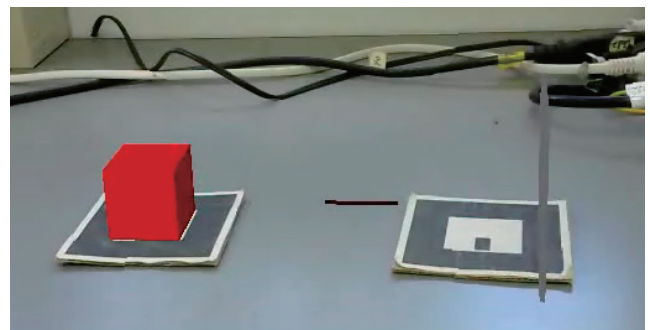


図5 発生した α 線が紙で遮蔽される様子

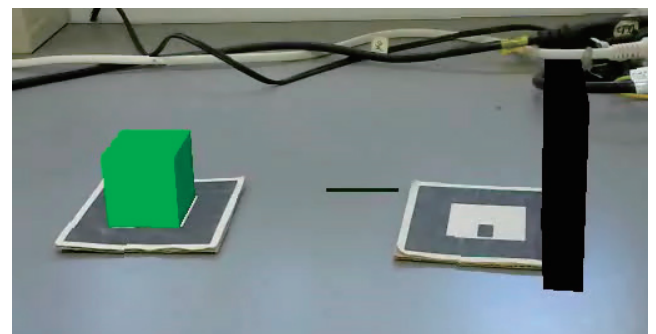


図6 発生した β 線がアルミ板で遮蔽される様子

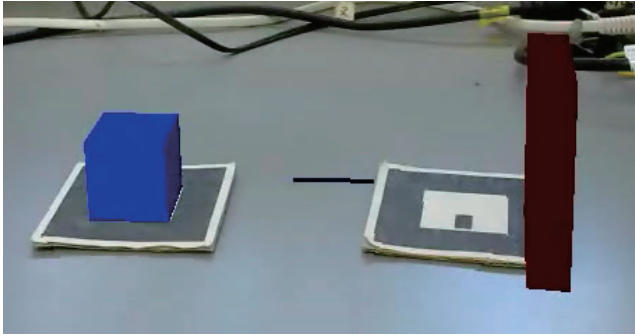


図 7 発生した γ 線が鉛板で遮蔽される様子

3.2 ゲーム性のあるプログラム

次に，キャラクター（3D オブジェクト）を放射線からの被曝を避けながら目的地まで移動させるゲームプログラムを作成した．なお，3D オブジェクトはモデリングソフトウェア「Metasequoia」⁽⁶⁾を用いて作成した．

本プログラムでは前節の透過性学習用プログラムで使した 2 個のマーカー(図 4)と図 8 に示す「人」マーカーの合計 3 個のマーカーを使用した．「人」マーカーからキャラクターと遮蔽物が現れ，「hiro」マーカーから放射線源，もう一つのマーカーからゴールが描画される．

このプログラムはキャラクターをキーボードの[↑][↓]キーで前後に移動させ，[←][→]キーで進行方向を変えながらゴールを目指す．また，キャラクターの周りに壁があり放射線をうまく遮蔽しながらゴール（右側の旗）を目指す（図 9）．ゴールやキャラクター，放射線源はプレイヤーがマーカーを置く位置で決定できる．放射線と壁の種類は透過性学習用プログラムと同じ設定にしている．



図 8 利用したマーカー（2）

3.3 放射線の飛跡をカウントするプログラム

3 番目に，OpenCV を利用した放射線の飛跡数を計数するプログラムを作成した．

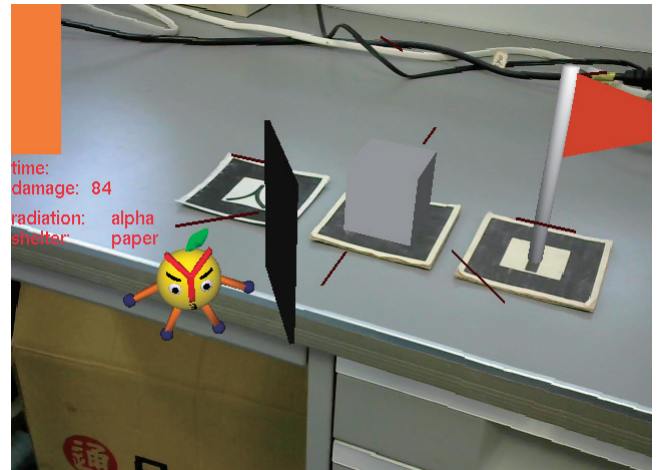


図 9 キャラクターがゴールを目指している様子

放射線の飛跡は一般的にほぼ直線であるので，OpenCV の「直線検出」を利用した．具体的には，cvHoughLines2 関数により確率的ハフ変換を適用した．プログラムの流れとして，Web カメラで画像を読み込み，その画像に cvCvtColor 関数を用いてグレースケール画像に変換する．ハフ変換の前処理として，Canny アルゴリズムを cvCanny 関数により適用する⁽⁷⁾．

図 10 に示すペルチェ冷却式の霧箱装置（Mistline ST(標準型)，ナリカ(株)）にマントルガスを注入し放射線の飛跡の動画をファイルに保存する．この動画ファイルに対して，今回作成したプログラムを適用した際の実行画面の一例を図 11 に示す．

画面の左上の“Number of Lines=3”はその瞬間に検出した緑色の線の数（＝飛跡）が 3 であることを示している．この実行例では，検出されていない線（＝飛跡）や，1 つの飛跡を 2 個にカウントしている．赤枠中の，Param1, Param2 は cvHoughLines2 関数の引数で，それぞれ「最小の線分の長さ」，「同一線上に存在する線分として扱う，二つの線分の最大の間隔」を示す⁽⁷⁾．実行結果はこの数値の設定値にかなり依存する．

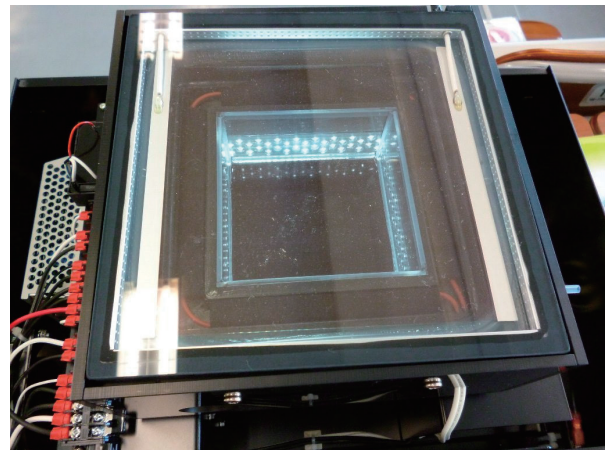


図 10 ペルチェ冷却式の霧箱装置

今回の計算では、目視の飛跡数と本プログラムの結果は定性的にはある程度良い結果になったが、設定パラメータの最適化が必要である。また、各時刻での線数の“瞬間的な”カウントはできているが、“積算的な”カウントは、同じ飛跡を複数回カウントしてしまい、うまくいっていない。プログラムやアルゴリズム等のさらなる検討が必要である。

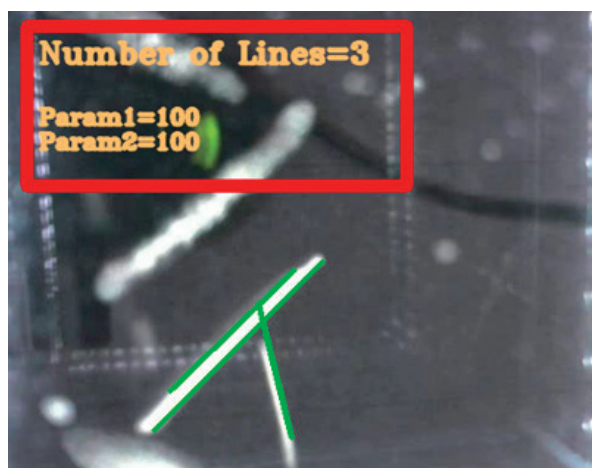


図 11 放射線飛跡の検出及びカウントの様子

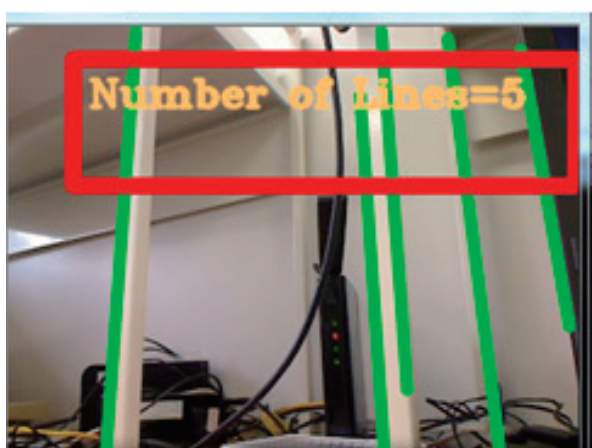


図 12 Web カメラによる直線検出及びカウント

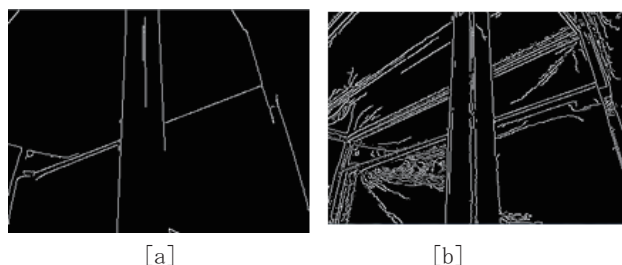


図 13 Web カメラ画像に対する二値画像の
cvCanny 関数のパラメータ依存性

(threshold1, threshold2) = [a] (50, 200)
[b] (10, 40)

Web カメラからの動画に対して、同様な処理を行った。ただし、ここでは、線の検出を主目的としたので霧箱でなく、実験室内の物体に対して適用した。実行例を図 12 に示す。5本の線が検出されていることがわかる。図 13 には、cvCanny 関数の 2 個の閾値に関するパラメータ (threshold1, threshold2) に対して、それぞれ (50, 200) (左), (10, 40) (右) とした場合の二値画像を示す。2 個のパラメータはエッジ同士の接続や、強いエッジの初期検出に利用される⁷⁾。直線検出のもととなる、二値画像はこれらのパラメータに大きく依存し、最適なパラメータの検討が必要である。

3.4 小中学生に対する放射線教材利用

本研究で作成中した教材は、実際に中学生等に対する授業での利用には至っていない。しかし、本年度八代キャンパスで開催の学校行事 (5 月: おもしろサイエンス・わくわく実験講座 2017, 8 月: オープンキャンパス) において、これらを含めて幾つかを利用した。その様子を図 14 に示す。中学校への訪問授業等の機会を利用して、教材を利用し受講生から意見をj得ることで、今後の改善に生かしたい。

4. 結言

本研究では、AR 技術や OpenCV などの画像処理技術を用い、小中学校等での放射線教育に利用するための生徒等が興味を持つ放射線教育教材の開発を目標とした。Windows7 環境下でノート PC, USB 接続の Web カメラ, 霧箱装置等を利用した。

今回は、放射線の透過性を理解するための簡易的なプログラム、キャラクターを用いたゲーム的プログラム、霧箱からの放射線の飛跡を自動検出・計数するプログラムを作成した。これらの幾つかを、八代キャンパスで開催された学校行事において利用したが、中学生等に対する授業での利用には至っていない。

実際の教育現場で利用するには、プログラムに様々な一層の工夫 (みやすさ, 扱いやすさ, 理解しやすさ, 興味深さ等) などの改善が必要である。VR 機器 (HTC Vive や Oculus Rift) の利用なども並行して検討したい。これらの課題を考慮して、より良い教材にしていきたい。

謝辞

本研究の一部は科学研究費 (挑戦的萌芽研究 No. 15K12402) によった。

(平成 29 年 9 月 25 日受付)

(平成 29 年 12 月 6 日受理)

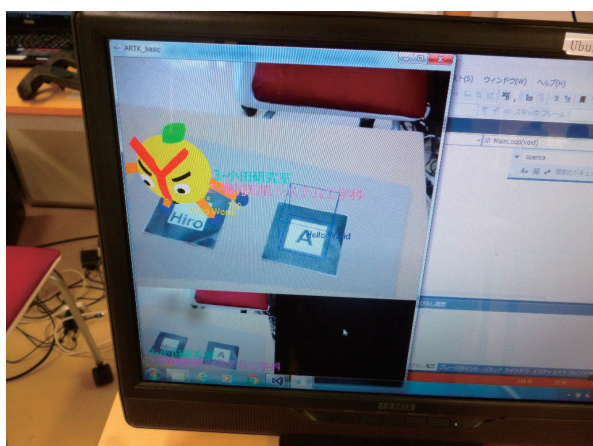
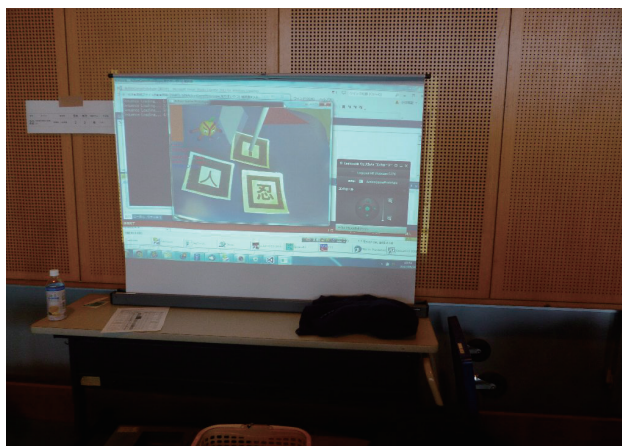


図 14 学校行事での放射線教材の利用の様子

上段:「おもしろサイエンス・わくわく実験講座 2017」での霧箱利用 (左), AR 教材の利用 (右)
下段:「オープンキャンパス 2017」での AR 教材の利用 (左), VR 機器の利用 (右)

参考文献

- (1) 「VR・AR 元年 拡張する市場」
2016/9/25 5:40 日本経済新聞 電子版
<http://www.nikkei.com/article/DGXMZ007598660U6A920C1K14800/> (2017.9 月現在)
- (2) 「工学ナビ, ARToolKit を使った拡張現実感プログラミング」
<http://kougaku-navi.net/ARToolKit/>
(2017.9 月現在)
- (3) 橋本直, 「ARToolKit 拡張現実感プログラミング入門 (2008)」 ASCII.
- (4) 「ARToolKit HomePage」
<https://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
(2017.9 月現在)
- (5) 「原子力・エネルギー図面集 2016」
http://www.jaero.or.jp/data/03syuppan/energy_zumen/energy_zumen2016.html (2017.9 月現在)
- (6) 大河原 浩, 「初心者のための メタセコイア 4 クイック リファレンス (2015)」 BNN.
- (7) 「OpenCV2.2 画像処理, 特徴検出」
http://opencv.jp/opencv-2.2/c/imgproc_feature_detection.html (2017.9 月現在)